

5-28-2021

IDENTIFYING ANGLE OF CAPTURE OF A CRUSHING CHAMBER, BY TAKING INTO ACCOUNT THE KINEMATICS OF MOVABLE CONE CRUSHER

R J. Tojiyev
Ferghana Polytechnic Institute

X M. Sadullayev
Ferghana Polytechnic Institute

Sh Sh Tuychiyeva
Ferghana Polytechnic Institute

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi>

Recommended Citation

Tojiyev, R J.; Sadullayev, X M.; and Tuychiyeva, Sh Sh (2021) "IDENTIFYING ANGLE OF CAPTURE OF A CRUSHING CHAMBER, BY TAKING INTO ACCOUNT THE KINEMATICS OF MOVABLE CONE CRUSHER," *Scientific-technical journal*: Vol. 4 : Iss. 1 , Article 9.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ferpi/vol4/iss1/9>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Scientific-technical journal by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact sh.erkinov@edu.uz.

MECHANICS

УДК. 621.926.3.001.24 (7)

IDENTIFYING ANGLE OF CAPTURE OF A CRUSHING CHAMBER, BY TAKING INTO ACCOUNT THE KINEMATICS OF MOVABLE CONE CRUSHER**Tojiyev R.J., Sadullayev X.M., Tuychiyeva Sh.Sh.**

Ferghana Polytechnic Institute

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА ЗАХВАТА КАМЕРЫ ДРОБЛЕНИЯ КОНУСНЫХ ДРОБИЛОК С УЧЕТОМ КИНЕМАТИКИ ПОДВИЖНОГО КОНУСА**Тожиев Р.Ж., Садуллаев Х.М., Туйчиева Ш.Ш.**

Ферганский политехнический институт

КОНУСЛИ МАЙДАЛАГИЧЛАРНИНГ МАЙДАЛАШ КАМЕРАСИ ҚАМРАШ БУРЧАГИНИ ҚЎЗГАЛУВЧИ КОНУС КИНЕМАТИКАСИНИ ЭЪТИБОРГА ОЛГАН ҲОЛДА АНИҚЛАШ**Тожиев Р.Ж., Садуллаев Х.М., Туйчиева Ш.Ш.**

Ферганский политехнический институт

Abstract: In this article, a method is given for calculating the angle of capture of a crushing chamber of a cone crusher, taking into account the motion of the movable cone along complex spatial trajectories, and the direction of action of the crushing.

Key words: cone, crusher, bisector, vector, trajectory, camera, elastic, plastic, deformation, contact, abscissa.

Аннотация: В данной статье дано методика расчета угла захвата камеры дробления конусной дробилки с учетом движения подвижного конуса по сложным пространственным траекториям и направление действия сил дробления.

Ключевые слова: конус, дробилка, биссектриса, угол захвата, траектория, абсцисса, вектор, камера, эластик, пластик, деформация, контакт.

Аннотация: Ушбу мақолада конусли майдалагич майдалаш камерасининг қамраш бурчагини қўзгалувчан конуснинг мураккаб фазовий траектория бўйлаб ҳаракати ва майдалаш кучлари ҳаракати йўналишларини эътиборга олган ҳолда ҳисоблаш методикаси ёритиб берилган.

Таянч сўзлар: конус, майдалагич, биссектриса, қамраш бурчаги, траектория, абсцисса, вектор, камера, эластик, пластик, деформация

Как известно, к параметрам, характеризующим рабочий процесс конусных дробилок и эффективность их работы, относится угол захвата, ход между неподвижных и подвижных конусов, оптимальная частота вращения приводного вала, производительность и мощность привода машины.

Величина угла захвата оказывает влияние на интенсивность процесса измельчения материала: чрезмерные значения угла захвата приводят к снижению производительности дробилки, а недостаточные – к снижению степени измельчения материала.

В настоящее время для определения угла захвата в конусных дробилок используется методика, разработанная для щековых дробилок [1].

Как известно, для дробилок щековых, конусных, валковых, бегунов и т.д. угол захвата определяется по методике Л.Б.Левенсона $[\alpha] \leq 2\varphi$, предложенной для условий, когда вектор скорости точки контакта подвижного элемента перпендикулярен биссектрисе угла захвата камеры [2].

MECHANICS

В работе [3] для определения влияния вектора скорости точек контакта подвижного элемента на величину допустимого угла захвата камеры дробления были проведены исследования на лабораторной установке (рис.1).

Установка представляла собой элементарную щековую дробилку с горизонтальным прямолинейным перемещением подвижной щеки. Углы наклона подвижной $\beta_{п}$ и неподвижной $\beta_{н}$ щек относительно горизонтальной плоскости могли изменяться. Установкой углов наклона щек определялась величина угла захвата $\alpha_{в}$ между дробящими поверхностями в вертикальной плоскости и угол θ' между вектором скорости подвижной щеки и нормалью к биссектрисе угла захвата.

Испытанию подвергались шарообразные образцы диаметром 10...20 мм из известняка с пределом прочности на разрыв 12,5 МПа и из гранита с $\sigma_p=16,8$ МПа. Твердость материала щек составляла 64 единиц по Бринеллю, скорость перемещения подвижной щеки – 3...5 мм/с.

Перед экспериментом фиксировались заданные углы наклона дробящих поверхностей относительно горизонтальной плоскости с точностью $\pm 0,5^{\circ}$, определялись величины углов $\alpha_{в}$ и θ' . Результатом эксперимента было либо разрушение образца, либо его выброс из камеры дробления.

Для доказательства выдвинутых предположений были проведены исследования по определению угла захвата, при котором происходит выброс материала из предварительно зажатого состояния (Рис.1). Образец материала зажимался в камере с углом захвата, заведомо меньшим предельно допустимого. Затем, сохраняя поджатие куса, угол камеры дробления увеличивался до тех пор, пока не происходил выброс. В этом состоянии производился замер углов наклона щек относительно горизонтальной плоскости, определялись значения углов $\alpha_{выбр}$ и θ' . Результаты экспериментов показали, что величина угла захвата, при которой происходит выброс предварительно зажатого материала, совпадает с величиной предельно допустимого угла захвата при соответствующих значениях θ' .

На основании проведенных исследований можно произвести анализ причин, приводящих к явлению выброса кусков материала из камеры дробления. При захвате куса в середине или конце хода сжатия первоначально происходит его упругопластическое деформирование и накопление упругой энергии. В процессе движения точки контакта подвижного элемента дробилки ее вектор скорости изменяет свою ориентацию, а угол θ' увеличивает по абсолютной величине. В связи с этим величина предельно допустимого угла захвата уменьшается, а значение действительного угла захвата камеры дробления остается примерно постоянным. в итоге наступает критический момент, когда допустимый угол захвата при данном угле становится меньше действительного, кусок уже не может быть удержан силами трения и происходит его выброс.

Также в работе [3] проводились эксперименты и по зажатию одновременно двух шарообразных кусков материала (рис.1). Наблюдалось проворачивание кусков, прокатывание и приподнятия их без выброса. Это говорит о том, что наблюдаемые случаи выброса или приподнятия материала из камеры обуславливаются

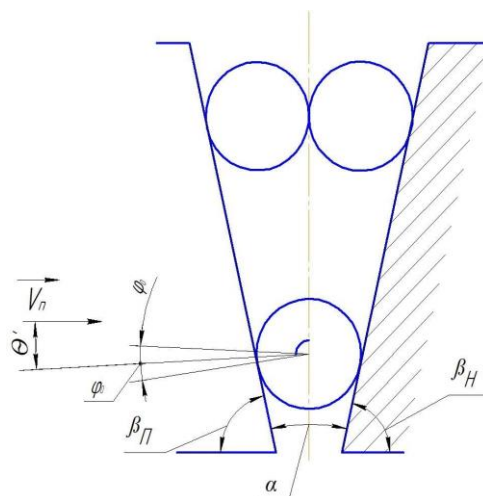


Рис. 1. Схемы экспериментальной дробилки.

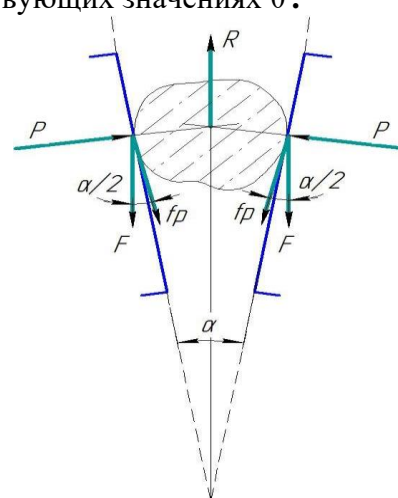


Рис.2. Схема к расчету угла захвата.

MECHANICS

изменением угла захвата в процессе хода сжатия, а не изменением коэффициента трения в точке контакта кусков.

Для определения оптимального значения угла захвата конусных дробилок рассмотрим силы действующие на кусок материалов в дробящем пространстве (рис.2) Силы P , действующие на кусок со стороны дробящих подвижных конусов, и силы трения fP . Равнодействующая усилий сжатия R стремится вытолкнуть кусок из дробящего пространства, а силы трения fP препятствуют этому (f -коэффициент трения скольжения между дробящих конусов и куском). Предельным значением угла захвата α является такой угол, при котором кусок будет дробиться, не выталкиваясь т.е $R \leq \sum F$. Сила $R = 2P \sin \frac{\alpha}{2}$, а

$\sum F = 2F = 2fP \cos \frac{\alpha}{2}$. Следовательно, условием равновесия куска при предельном α является

выражение $2P \sin \frac{\alpha}{2} \leq 2fP \cos \frac{\alpha}{2}$. Преобразуя выражение, получим $\sin \frac{\alpha}{2} \leq f \cos \frac{\alpha}{2}$ или

$$f \geq \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}.$$

Коэффициент трения скольжения можно выразить через угол трения φ , т.е. $f = \operatorname{tg} \varphi$, тогда $\operatorname{tg} \varphi \geq \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$, откуда $2\varphi \geq \alpha$. Следовательно, дробления куска возможно, когда угол захвата равен или меньше двойного угла трения, т.е. $\alpha \leq 2\varphi$.

Коэффициент трения скольжения камня по металлу $f=0,3$, что соответствует углу $10^{\circ}40'$. Отсюда угол захвата конусных дробилок может достигать 33° , однако в реальных условиях это значения α значительно ниже ($19...24^{\circ}$) ввиду неправильной формы кусков материала и динамического характера приложения нагрузки, а также более высокой производительности.

Однако в практике работы конусных дробилок со сложным движением конуса точки подвижного элемента движутся по сложным пространственным траекториям, а векторы скоростей этих точек изменяют свою ориентацию относительно биссектрисы угла захвата.

Что уменьшение величины предельного угла захвата камеры дробления при изменении расположения вектора скорости точки подвижного конуса происходит за счет уменьшения силы трения со стороны одной из дробящих поверхностей. Причем уменьшается сила трения относительно той конуса, угол между поверхностью которой и вектором скорости меньше. Отклонение вектора скорости от нормали приводит к тому, что на материал действуют одновременно нормальная и сдвигающая нагрузки. Напряженное состояние контактной зоны куска в этом случае существенно отличается от напряженного состояние при действии одних сжимающих нагрузок. Область приложения растягивающих напряжений в куске с ростом касательной нагрузки увеличивается, а область сжимающих напряжений – уменьшается. Появление сдвигающей нагрузки приводит к перераспределению напряжений в контактной зоне и, как следствие, изменению условий захвата материала в камере.

Для доказательства выдвинутых предположений рассмотрим схему взаимодействия разрушаемого куска материала с дробящей поверхностью (рис. 3) при изменении вектора

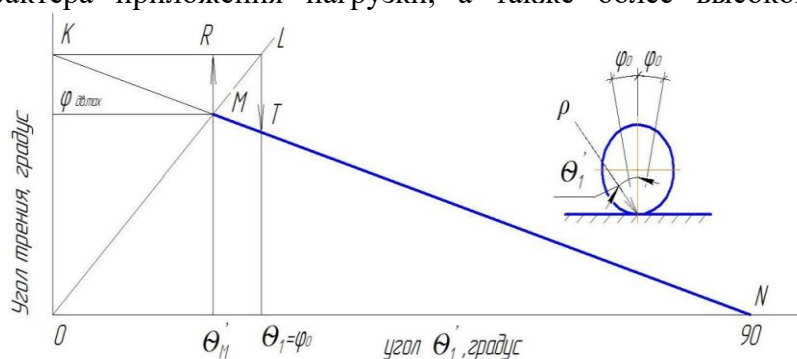


Рис. 3. Схема изменения угла трения с учетом расположения вектора скорости.

MECHANICS

скорости. По оси абсцисс дано значение угла θ_1' (угол между вектором скорости и нормалью к дробящей поверхности), а по оси ординат - значения угла трения. При $\theta_1' = 0$ значения угла трения максимально и равно φ_0 , а при $\theta_1' = 90^\circ$ угол трения движения равен 0, т. к. сила нормального давления отсутствует.

По мере отклонения вектора от нормали к дробящей поверхности в пределах $0 \leq \theta_1' \leq \varphi_{\text{дв.мах}}$ (линия KR на рис. 3) угол трения остается постоянным и равным углу трения покоя. С увеличением угла θ_1' до значений $\varphi_{\text{дв.мах}} \leq \theta_1' \leq \varphi_0$ (участок RL) угол трения уменьшается и переходит от трения покоя к трению движения. Вероятность данного перехода с изменением угла θ_1 от точки R к точке L увеличивается от 0 до 1. При дальнейшем увеличении угла $\theta_1' (\varphi_0 \leq \theta_1' \leq 90^\circ)$ угол трения движения изменяется по линейному закону (линия TN):

$$\varphi_{\text{дв.мах}} = \varphi_0 \left(1 - \frac{\theta_1'}{90} \right).$$

С уменьшением угла θ_1' происходит обратный переход от угла трения движения к углу трения покоя. Вероятность данного перехода от точки T к M увеличивается от 0 до 1.

Разница между величинами углов φ_0 и $\varphi_{\text{дв.мах}}$ определяет величину зону неустойчивого захвата кусков материала в камере дробления (рис.3)

$$\Delta\alpha = \varphi_0 - \varphi_{\text{дв.мах}}$$

Величина зоны неустойчивого захвата существенно больше при значении угла $\theta_1' = 0^\circ$, когда вектор $\overline{V_{II}}$ перпендикулярен биссектрисе угла захвата, и равна

$$\Delta\alpha = 2\varphi_0 - 2\varphi_{\text{дв.мах}} = 2(\varphi_0 - \varphi_{\text{дв.мах}})$$

Зависимость угла трения движения ($\varphi_{\text{дв.мах}}$) от угла трения покоя (φ_0) с учетом угла θ_1' (линия OL и KN) запишется $\varphi_0 = \theta_1'$, $\varphi_{\text{дв.мах}} = \varphi_0 (1 - \theta_1' / 90)$. Соответствующее значению угла θ_1' а точке M подставим в формулу для $\varphi_{\text{дв.мах}}$

Имеем $\theta_M = \varphi_{\text{дв.мах}} \theta_1' / \varphi_0$,

$$\varphi_{\text{дв.мах}} = \varphi_0 \left[1 - \frac{\varphi_{\text{дв.мах}} \theta_1'}{90\varphi_0} \right]$$

$$\varphi_{\text{дв.мах}} = \varphi_0 \left[1 - \frac{\varphi_{\text{дв.мах}} \varphi_0}{90\varphi_0} \right].$$

Получаем зависимость $\varphi_{\text{дв.мах}} = f(\varphi_0)$,

$$\varphi_{\text{дв.мах}} = \frac{90\varphi_0}{90 + \varphi_0}$$

которая приведена на рис. 3.

Для проверки достоверности полученной зависимости из работы [4] методом наименьших квадратов были обработаны результаты экспериментальных исследований характеристик трения различных материалов и при различных условиях испытаний. В результате обработки была найдена закономерность $\varphi_{\text{дв.мах}} = f(\varphi_0)$ (кривая 2, рис 4), которая описывается формулой

MECHANICS

$$\varphi_{\text{дв.мах}} = \frac{105,26\varphi_0}{115,79 + \varphi_0}.$$

Среднеквадратичное отклонение экспериментальных данных составила 2,61. Линейная зависимость максимального угла трения движения от угла трения покоя описывается выражением

$$\varphi_{\text{дв.мах}} = 3,413 + 0,604\varphi_0$$

при среднеквадратичном отклонении $\sigma = 2,655$.

Для зависимости $\varphi_{\text{дв.мах}} = f(\varphi_0)$ были определены границы доверительной вероятности с вероятностью 0,9975 согласно ГОСТ 11.004-74 [4]. Из рис.4 видно, что теоретическая зависимость $\varphi_{\text{дв.мах}} = f(\varphi_0)$ находится в пределах доверительной вероятности экспериментальной зависимости. Среднее отклонение теоретической кривой от экспериментальной в интервале $5...45^\circ$ составила менее 5%.

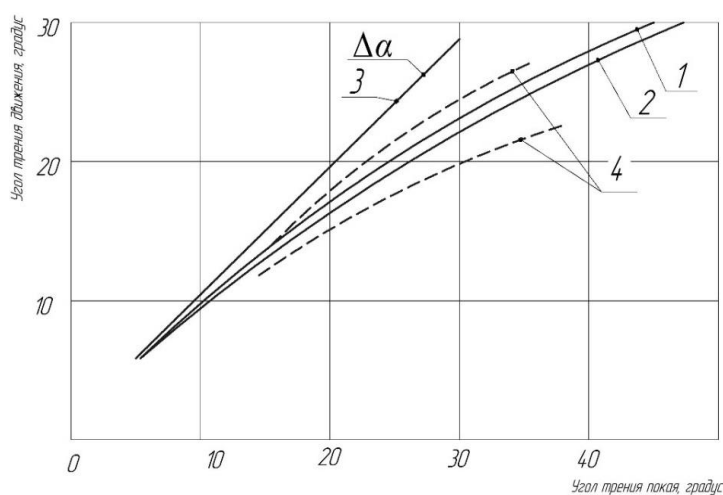


Рис. 4. Изменения максимального угла трения движения от угла трения покоя: 1 – теоретическая; 2 – экспериментальная зависимость; 3 – граница угла трения покоя; 4 – граница доверительной вероятности.

$-\alpha/2 \leq \theta'_2 \leq 90^\circ - \alpha$ силы трения равны при условии $\theta'_1 < \theta'_2$:

$$\left. \begin{aligned} F_1 &= P_1 \operatorname{tg} \varphi_0 (1 - \theta'_1/90^\circ) \\ F_2 &= P_2 \operatorname{tg} \varphi_{\text{дв.мах}} \end{aligned} \right\}$$

Сумма проекций сил на ОХ и ОУ запишется

$$\left. \begin{aligned} \Sigma X &= P_1 \cos \frac{\alpha}{2} - P_2 \cos \frac{\alpha}{2} + F_1 \sin \frac{\alpha}{2} - F_2 \sin \frac{\alpha}{2} = 0, \\ \Sigma Y &= P_1 \sin \frac{\alpha}{2} + P_2 \sin \frac{\alpha}{2} - F_1 \cos \frac{\alpha}{2} - F_2 \cos \frac{\alpha}{2} = 0. \end{aligned} \right\}$$

Сделаем подстановку и соответствующие преобразования

$$\left. \begin{aligned} P_1 \cos \frac{\alpha}{2} - P_2 \cos \frac{\alpha}{2} + P_1 \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{tg} \varphi_0 (1 - \theta'_1/90^\circ) + P_2 \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{\text{дв.мах}} &= 0 \\ P_1 \sin \frac{\alpha}{2} + P_2 \sin \frac{\alpha}{2} - P_1 \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{tg} \varphi_0 (1 - \theta'_1/90^\circ) + P_2 \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{\text{дв.мах}} &= 0 \end{aligned} \right\}$$

Рассчитаем величину максимального угла захвата камеры дробления α при различном расположении вектора скорости точки контакта подвижной конуса (рис. 5) с учетом изменения величины угла трения движения.

Вектор скорости \vec{V}_{II} изменяет свое положение в пределах от нормали к биссектрисе до параллельного к одной из дробящих поверхностей

$$0 \leq |\theta'| \leq 90 - \alpha/2$$

Для углов $\alpha/2 \leq \theta'_1 \leq 90^\circ$,

MECHANICS

$$P_1 = P_2 \frac{\cos \frac{\alpha}{2} + \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{\text{дв.мах}}}{\cos \frac{\alpha}{2} + \sin \frac{\alpha}{2} \operatorname{tg} \varphi_0 (1 - \theta'_1/90)} \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \frac{\cos \frac{\alpha}{2} + \sin \frac{\alpha}{2} \operatorname{tg} \varphi_{\text{дв.мах}}}{\cos \frac{\alpha}{2} + \sin \frac{\alpha}{2} \operatorname{tg} \varphi_0 (1 - \theta'_1/90)} + \sin \frac{\alpha}{2} -$$

$$- \cos \frac{\alpha}{2} \cdot \operatorname{tg} \varphi_0 (1 - \theta'_1/90) \cdot \frac{\cos \frac{\alpha}{2} + \sin \frac{\alpha}{2} \operatorname{tg} \varphi_{\text{дв.мах}}}{\cos \frac{\alpha}{2} + \sin \frac{\alpha}{2} \operatorname{tg} \varphi_0 (1 - \theta'_1/90)} - \cos \frac{\alpha}{2} \operatorname{tg} \varphi_{\text{дв.мах}} = 0$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \left[\varphi_{\text{дв.мах}} + \varphi_0 (1 - \theta'_1/90) \right]$$

Выразим углы φ_0 через $\varphi_{\text{дв.мах}}$ и θ'_1 через θ'

$$\varphi_0 = \frac{90\varphi_{\text{дв.мах}}}{90 - \varphi_{\text{дв.мах}}}, \quad \theta'_1 = \theta' + \frac{\alpha}{2},$$

$$\alpha = \varphi_{\text{дв.мах}} + \varphi_0 (1 - \theta'_1/90) = \varphi_{\text{дв.мах}} \frac{\varphi_{\text{дв.мах}} \left(90 - \theta' - \frac{\alpha}{2} \right)}{90 - \varphi_{\text{дв.мах}}}$$

Отсюда находим зависимость допустимого угла захвата камеры дробления от угла трения движения мах и угла между вектором скорости и нормалью к биссектрисе

$$[\alpha_B] \leq \frac{2\varphi_{\text{дв.мах}} (180 - \varphi_{\text{дв.мах}} - |\theta'|)}{180 - \varphi_{\text{дв.мах}}}$$

Определение расчетного угла захвата в горизонтальной плоскости была опубликована в работе [5], где представлено сечение конусной дробилки горизонтальной плоскостью, можно записать равенство углов $A_1C_1B_1$ и OO_1O' и формулу для их определения

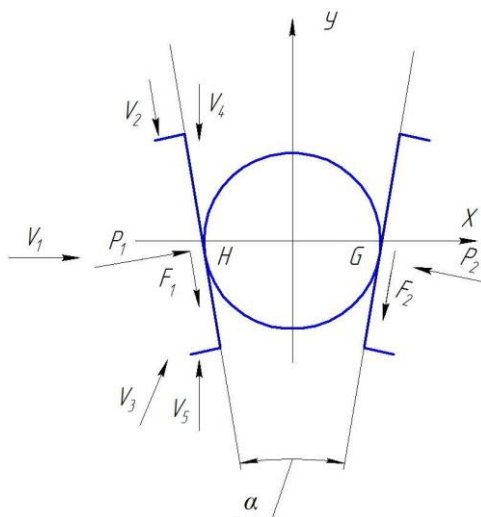


Рис. 5. Схема к определению угла захвата камеры в зависимости от расположения вектора скорости.

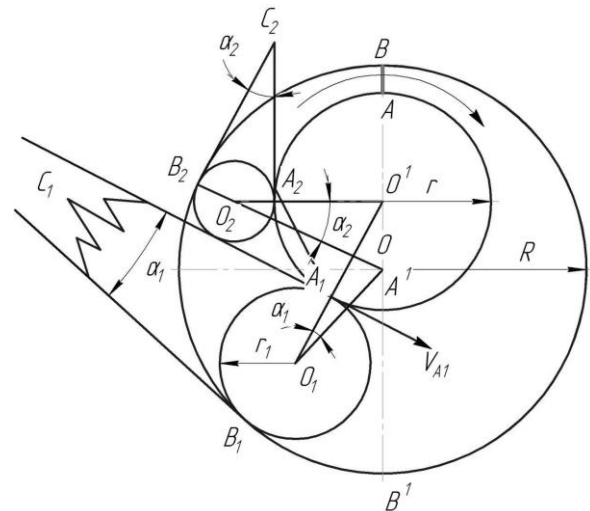


Рис.6. Схема к определению угла захвата горизонтальной плоскости.

$$\cos \alpha_r = \frac{(r + r_k)^2 + (R - r_k)^2 - e^2}{2(r + r_k)(R - r_k)};$$

MECHANICS

где r – радиус внутреннего конуса. Приятно упрощение, что сечение конуса представляет окружность, а не эллипс; r_k – радиус дробимого куска породы; R – радиус внешнего конуса; e – эксцентриситет осей кусков в сечении; α_r – угол захвата камеры дробления в сечении горизонтальной плоскостью.

Максимальный угол захвата в сечении горизонтальной плоскостью будет наблюдаться в случае, когда треугольник OO_1O' будет равнобедренным, т. е. займет положение треугольник OO_2O' .

Имеем $R - r_k = r + r_k$, а радиус захватываемого куска породы в этом случае будет равен

$$r_k = 0,5(R - r).$$

Зная угол захвата в вертикальной и горизонтальной плоскостях, можно определить действительный (пространственный) угол захвата в конусной дробилке по формуле

$$\cos \alpha_D = \cos \alpha_B \cdot \cos \alpha_r ; \quad \alpha_D \leq 2\varphi_{\text{дв.мах}},$$

где $\varphi_{\text{дв.мах}}$ – максимальное значение угла трения движения.

С целью гарантированного захвата кусков дробимого материала в расчете рекомендуется принимать угол трения движения, а не угол трения покоя.

Представляет практический интерес расположение плоскости, в сечении которой лежит максимальный угол захвата рассматриваемой точки относительно вертикальной плоскости. Из векторного треугольника можно записать

$$\alpha_D = (\alpha_B^2 + \alpha_r^2)^{1/2},$$

а угол отклонения этой плоскости относительно вертикальной найдется из отношения

$$\operatorname{tg} \mu = \alpha_r / \alpha_B,$$

где μ – угол отклонения.

Камера дробления, в которой лежит действительный угол захвата, представляется криволинейной. Если принять угол захвата конце хода сжатия в вертикальной плоскости постоянным и равным 24° , а угол в горизонтальной плоскости равным $2^\circ 28'$ в верхней зоне и $1^\circ 28'$ - в нижней, то можно вычислить пространственный угол захвата. Имеем для верхней зоны $\alpha_D = 24^\circ 07'$, для нижней зоне $\alpha_D = 24^\circ 02' 30''$

Угол наклона плоскости с действительным углом захвата в верхней и нижней зонах к вертикали равен

$$\operatorname{tg} \mu_B = 0,10277 \text{ или } 5^\circ 52'$$

$$\operatorname{tg} \mu_H = 0,06111 \text{ или } 3^\circ 30'$$

Таким образом, плоскость, в которой лежит максимальный угол захвата, дробилка наклонена в верхней и нижней зонах к вертикали под разными углами, т.е. плоскость изогнута или наклонена. В случае выброса кусков материала из зоны дробления они будут вылетать под углом μ к вертикали. С учетом вектора скорости подвижного конуса в начале и в конце хода сжатия рассчитаны углы отклонения пространственного угла захвата от вертикальной плоскости.

На процесс выхода материала из камеры оказывает влияние составляющая хода конуса, параллельная образующей. Так, если в цикле разгрузки движение подвижного конуса направлено вверх, то путь свободного скольжения материала по образующей конуса уменьшается, а при направлении движения конуса вниз – увеличивается. Объясняется это непрерывностью движения конуса и цикличностью процесса разгрузки. Материал, часть

MECHANICS

хода конуса, находится в заторможенном упругопластическом состоянии и не имеет возможности двигаться как по конусу, так и вместе с конусом.

Раскрыта физическая закономерность взаимосвязи угла трения движения – трения покоя и дано математическая запись закона. С учетом закона разработана методика определения угла захвата камеры дробления при известном направлении силы дробления.

References

- [1]. Водопьянов И.Л. Угол захвата в щековых дробилках. – Труды ВНИИстройдормаша. М, 1970, №49.
- [2]. Алехин А.Г., Водопьянов И.Л. Определение производительности конусных дробилок среднего и мелкого дробления. СДМ., 1976. №2.
- [3]. Руднев В.Д. Конусные дробилки среднего и мелкого дробления (методика расчета). изд. «Томского университета» Томск. 1988
- [4]. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. — М.: Наука, 1976.
- [5]. Тожиёв Р.Ж., Садуллаев Х.М., Туйчиева Ш.Ш. “Конусли майдалагичнинг горизонтал текисликдаги камраш бурчагини аниқлаш”. Илмий техника журналы 2019 йил. Том 23 № 2.